

22663



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 49 660 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 100 49 660.1  
⑳ Anmeldetag: 7. 10. 2000  
㉑ Offenlegungstag: 25. 4. 2002

⑥1 Int. Cl. 7:  
**B 21 D 35/00**  
B 21 D 22/00  
B 21 D 39/00  
C 22 C 38/04  
B 62 D 65/06  
// B 21 D 53/88, F 16 S  
1/10

DE 100 49 660 A 1

⑦1 Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE; Benteler  
Automobiltechnik GmbH & Co. KG, 33104  
Paderborn, DE

⑦2 Erfinder:

Brodt, Martin, Dipl.-Ing.(FH), 71272 Renningen, DE;  
Kröger, Matthias, Dipl.-Ing.(FH), 33034 Brakel, DE;  
Leutelt, Wolfgang, 71229 Leonberg, DE; Mayrhofer,  
Robert, Dipl.-Ing., 71032 Böblingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥4 Verfahren zum Herstellen lokal verstärkter Blechumformteile

⑥7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen lokal verstärkter Ziehteile, bei dem das Basisblech des Strukturteils im Flachzustand mit dem Verstärkungsblech lagedefiniert verbunden und dieses gepatchte Verbundblech anschließend gemeinsam umgeformt wird. Um das Herstellungsverfahren hinsichtlich Verfahrenserzeugnis und -ergebnis zu verbessern sowie bezüglich der verfahrensausübenden Mittel zu entlasten, wird das gepatchte Verbundblech erfindungsgemäß vor dem Umformen mindestens auf etwa 800 bis 850°C erwärmt, rasch eingelegt, im Warmzustand zügig umgeformt und anschließend bei mechanischer Fixierung des Umformzustandes durch Kontaktierung mit dem von innen her zwangsgekühlten Umformwerkzeug definiert abgekühlt. Insbesondere der in soweit maßgebende Temperaturbereich von 800 bis 500°C wird mit einer definierten Temperaturrampe durchfahren. Der Schritt des Verbindens von Verstärkungsblech und Basisblech kann ohne weiteres in den Umformprozeß integriert werden, indem die Teile miteinander hart verlötet werden, wodurch zugleich ein wirksamer Korrosionsschutz an der Kontaktzone erreicht werden kann.

DE 100 49 660 A 1

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Herstellen lokal verstärkter Blechumformteile, insbesondere als Strukturteile von Kraftfahrzeugkarosserien, nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie es beispielsweise aus der DE 43 07 563 A1 als bekannt hervorgeht.

[0002] Im Zuge der Gewichtseinsparung an Kraftfahrzeugkarosserien ist es bekannt, an Krafteinleitungsstellen in aus Blech bestehenden Strukturteilen von Karosserien lokal beschränkte Verstärkungsbleche vorzusehen, um nicht das gesamte Strukturteil aus einem dicken Blech herstellen zu müssen. Zur Erhöhung der Biegesteifigkeit von aus Blechschalen gebildeten Hohlträgern können Verstärkungsbleche innen- oder außenseitig an wenigstens einer der Blechschalen integriert sein, die sich über einen längeren Bereich des Hohlträgers erstrecken. Zu Versteifungszwecken sind auch schon Versteifungsrohre konstanten Querschnitts ins Innere der Hohlträger eingelagert worden, die zwar angenähert dem Verlauf des Hohlträgers folgen, dessen Querschnitt aber nicht vollständig ausfüllen, sondern nur an bestimmten Stellen über Stegbleche oder unmittelbar mit der Wandung des Hohlträgers verbunden sind. Derartige Konstruktionen zur Erhöhung der Steifigkeit eines Hohlträgers sind z. B. an der Mittelsäulen von Pkw-Karosserien für den Fall eines Seitencrash's vorgesehen worden. An den Stoß- oder Verbindungsstellen, also an den Knotenstellen von Hohlträgern ist es meist ebenfalls aus Gewichtsgründen vorteilhaft, eine lokal beschränkte Verstärkung in die Wandung des quer liegenden Hohlträgers zu integrieren.

[0003] Früher wurden das Basisblech und das Verstärkungsblech jeweils für sich tiefgezogen und diese Teilwerkstücke anschließend zu einem kompletten Strukturteil zusammengeschweißt, was zwei separate Zieh- und Umformvorgänge, zwei separate Werkzeugsätze und einen gesonderten Fügevorgang von räumlich geformten Blechteilen voraussetzt. Dies alles ist zeitraubend und kostentreibend.

[0004] Bei dem aus der DE 43 07 563 A1 bekannten Verfahren zum Herstellen lokal verstärkter Blech-Strukturteile für Kraftfahrzeugkarosserien wird eine das Basisblech des Strukturteils bildende Platine im Flachzustand mit einem kleineren Verstärkungsblech von vorzugsweise höherer Festigkeit lokal, d. h. an einer vorbestimmten Stelle verbunden und dieser weitgehend ebene Blechverbund anschließend gemeinsam in einer Presse tiefgezogen. Das Verstärkungsblech kann selber partiell vorgeformt, z. B. mit Versteifungssicken versehen sein. Das Verstärkungsblech ist in seinem Umrißverlauf so ausgebildet und wird so auf der Basisblech-Platine positioniert, daß das Verstärkungsblech nach dem Tiefziehen optimal die Krafteinleitungsstelle ausfüllt. Je nach Anwendungsfall kann das Verstärkungsblech eine höhere Festigkeit als das Basisblech aufweisen, wobei hierzu eine größere Wandstärke des Verstärkungsblechs und/oder eine bessere Werkstoffqualität vorgesehen werden kann. Es wird u. U. auch eine mehrlagige Ausbildung des Verstärkungsbleches empfohlen, wobei die mehreren Lagen bevorzugt eine unterschiedliche große Ausdehnung aufweisen.

[0005] Als Verbindungstechniken von Basisblech-Platine und Verstärkungsblech werden in der DE 43 07 563 A1 u. a. das Durchsetz- oder Druckfügen (sog. Clinchen) genannt, was als besonders vorteilhaft angesehen wird, weil diese Fügetechnik sich in sich in den Umformvorgang oder in das Anbringen etwaiger Befestigungselemente – Einstanzmutter, Einstanzbolzen – integrieren läßt. Das Verstärkungsblech braucht in diesem Fall u. U. lediglich lagedefiniert nach dem Basisblech in der Umformpresse positioniert zu werden. Daneben werden auch Schweißverbindungs techni-

ken und Klebetechniken genannt, wobei im Zusammenhang mit diesen Verbindungstechniken u. a. hervorgehoben wird, daß sie die Oberfläche des Strukturteiles unbeeinflusst lassen. Es wird in der genannten Druckschrift durchaus erkannt, daß die gegenseitigen Kontaktflächen von Basisblech und Verstärkungsblech vor Korrosion geschützt werden müssen, weil eine spätere Fahrzeuglackierung oder eine Wachs-Konservierung diese Flächen nicht dauerhaft vor dem Zutritt von Feuchtigkeit zu schützen vermögen. Deshalb wird empfohlen, für das Basisblech und das Verstärkungsblech zumindest einseitig verzinkte Bleche zu verwenden, oder stattdessen an der Kontaktstelle eine Schutzfolie aus Kunststoff oder Metall zwischenzuführen. Auch die korrosionsverhindernde Wirkung einer etwaigen Kleberschicht wird hervorgehoben.

[0006] Zwar ist gegenüber der zuvor geschilderten Vorgehensweise mit separater Umformung von Basisteil und Verstärkungsteil das aus der DE 43 07 563 A1 bekannte Verfahren wegen der Zusammenfassung des Tiefziehvorgangs in einem einheitlichen Arbeitsgang wesentlich kostengünstiger. Nachteilig ist jedoch zum einen, daß dazu sehr hohe Umformkräfte erforderlich sind, insbesondere wenn das Verstärkungsblech eine höhere Festigkeit aufweist oder gar seinerseits mehrlagig ausgebildet ist. Dies äußert sich in einer entsprechend höheren Beanspruchung und somit in einer höheren elastischen Verformung der Einzelteile der Umformpresse, was wiederum zu einer geringeren Arbeitsgenauigkeit und einer geringeren Lebensdauer der Umformwerkzeuge und der Presse führt. Zwar kann die höhere Beanspruchung bzw. die höhere elastische Verformung der Pressen eile durch eine entsprechende Dimensionierung derselben kompensiert werden, was jedoch die Kosten der Presse erhöht. Der erhöhte Werkzeugverschleiß läßt sich jedoch nicht kompensieren und belastet somit ebenfalls die Stückkosten der hergestellten Strukturteile.

[0007] Bei der hier gewürdigten, vorbekannten Technik des gemeinsamen Umformens gepatchter Verbundbleche ist zu beachten, daß die damit erzielbaren Verstärkungsgrade nur beschränkt sind, weil die Umform- und Ziehkräfte für das Verstärkungsblech in dieses in einem wesentlichen Ausmaß nur mittelbar über das Basisblech und über die peripher am Verstärkungsblech angebrachte Verbindungspunkte zwischen Basis- und Verstärkungsblech übertragen werden können. Wenn das Verstärkungsblech, sei es aufgrund der höheren Werkstofffestigkeit, sei es aufgrund der größeren Wandstärke oder aufgrund beider Maßnahmen wesentlich Widerstandsfähiger ist als das Basisblech, so läßt es sich nicht gemeinsam mit dem Basisblech beliebig umformen. Will man lokal besonders hohe Verstärkungsgrade realisieren, so muß man das Basisblech und das Verstärkungsblech jeweils für sich umformen und beide Teile anschließend zu einem Verbundteil miteinander verschweißen.

[0008] Ungeachtet des Umstandes, ob das Verstärkungsblech gemeinsam mit dem Basisblech zu einem Strukturteil umgeformt wird, oder ob – wie eingangs erwähnt – das Basisblech und das Verstärkungsblech jeweils für sich geformt und beide Formteile erst anschließend zu dem Strukturteil zusammengefügt werden, ist wegen der aus Gewichtsgründen beabsichtigten Reduzierung der Wandstärke des Basisbleches und der damit ebenfalls reduzierten Korrosionsreserve ein wirksamer Korrosionsschutz an der Kontaktstelle von Basis- und Verstärkungsblech besonders wichtig, um nicht eine reduzierte Lebensdauer des Strukturbauteiles zu riskieren. Ein wirksamer Korrosionsschutz an der Kontaktstelle der Bleche durch das aus der DE 43 07 563 A1 bekannte Verfahren kann selbst durch Zwischenfügen von Korrosionsschutzfolien nicht sicher gewährleistet werden. Durch die punktuellen Verbindungsstellen (Clinch- oder

Punktschweißstellen) zwischen Basis- und Verstärkungsblech wird nämlich eine zwischengefügte Korrosionsschutzfolie lokal zerstört, so daß kapillar einkriechende Feuchtigkeit gerade an den Verbindungsstellen zu Korrosion führen und das relativ dünne Basisblech dort mit der Zeit zerfressen kann. Trotz Lackierung und Wachs-Konservierung muß selbst im geschützten Innenbereich von Karosserien aufgrund von Schwitzwasserbildung und aufgrund von Kapillarwirkung mit einem Feuchtigkeitszutritt zu der Kontaktfläche zwischen Basis- und Verstärkungsblech gerechnet werden.

[0009] Aufgrund der voranstehenden kritischen Würdigung des bekannten Verfahrens nach der DE 43 07 563 A1 können die systemimmanenten Schwachstellen dieses Verfahrens folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Begrenzte Umformungsgrade der gemeinsam umzuformenden Bleche;
- hohes Rückfederungsverhalten der gemeinsam umgeformten Bleche;
- dadurch vergleichsweise geringe Formgenauigkeit der Strukturteile;
- wegen der mittelbaren Übertragung der Umformkräfte in das Verstärkungsblech können nur begrenzte Verstärkungsgrade an den Verstärkungsstellen realisiert werden;
- hohe Preßkräfte bei der gemeinsamen Umformung und somit hohe Investitionskosten;
- hoher Werkzeugverschleiß und somit Erhöhung der Stückkosten;
- begrenzter Korrosionsschutz an der Fügefläche.

[0010] Die DE 195 29 881 C1 offenbart die Herstellung eines Tiefziehteiles aus einem Blech aus härtbarem Federstahl, wobei der Federstahl im Warmzustand des Bleches tiefgezogen und in fertig geformten Zustand durch eine anschließende Wärmebehandlung auf Federstahlhärte gebracht wird, wobei allerdings nicht gesagt wird, wo und wie dies geschieht. Durch eine sich an das Tiefziehen anschließende Wärmebehandlung besteht die Gefahr, daß die Teile sich verziehen und somit einer großen maßlichen und/oder formlichen Streuung unterliegen. Abgesehen davon ist bei lokal stark unterschiedlicher Beanspruchung der Bauteile die Wandstärke auf die Stelle größter Beanspruchung auszuweisen, was zu einer Überdimensionierung der Wandstärke an Stellen einer geringeren Beanspruchung führt. Zwar wäre es theoretisch denkbar, dieses Umformteil nachträglich lokal durch Einschweißen eines Verstärkungsbleches zu verstärken. Dies wäre aber nicht sinnvoll, da die Härte des Basisbleches und/oder die des Verstärkungsbleches sich lokal an den Schweißstellen verlieren würde. Andere Verbindungstechniken wie Löten, Kleben oder Clinchen würden bei der hohen Festigkeit der beteiligten Bleche sinnvoller Weise ausscheiden, weil diese Verbindungstechniken nicht ohne Beeinträchtigung des Basisbleches und/oder des gehärteten Werkstoffgefüges machbar wären (Löten, Clinchen) oder weil sie nicht die erforderliche Festigkeit bringen würden (Kleben). Die Verbindungsstellen müßten zumindest annähernd die gleiche Festigkeit wie die des gehärteten Basisbleches aufweisen, um den gewünschten Verstärkungseffekt des eingelagerten Bleches zu erzielen. Das bekannte Verfahren nach der DE 195 29 881 C1 weist also folgende Schwachstellen auf, wobei z. T. auf die Ausführungen zu der eingangs genannten Literaturstelle zu verweisen ist:

- Wegen einheitlicher Wandstärke nur begrenzter Leichtbau möglich;
- keine lokalen Verstärkungen möglich;

- wegen der Wärmebehandlung vergleichsweise geringe Formgenauigkeit der Strukturteile.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, das gattungsgemäß zugrunde gelegte Herstellungsverfahren hinsichtlich folgender Kriterien zu verbessern;

- Bezüglich des Verfahrenserzeugnisses dahin, daß höhere lokale Verstärkungsgrade im Vergleich zum Basisblech bzw. zum unverstärkten Bauteil in einem einheitlichen Fertigungsschritt erreichbar sind.
- Bezüglich des Verfahrensergebnisses dahin, daß einer größeren Arbeitsgenauigkeit der Umformteile als bisher erreichbar ist.
- Bezüglich der verfahrensausübenden Mittel dahin, daß die Umformwerkzeuge und die Umformpresse geringer als zu erwarten beansprucht werden und in soweit eine vertretbare Lebensdauer zu erwarten ist.

[0012] Diese Aufgabe wird bei Zugrundelegung des gattungsgemäßen Verfahrens erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Danach wird das gepatchte Verbundblech erfindungsgemäß im Warmzustand in die gewünschte Form umgeformt und auf dem Umformwerkzeug unter mechanischer Aufrechterhaltung des Umformungszustandes definiert abgekühlt.

[0013] Erfindungsgemäß wird ein kostengünstiger Weg für ein neues Leichtbaukonzept eröffnet. Zur Erläuterung dessen sei zunächst daran erinnert, daß ein geringes Gewicht einer Karosserie wesentlich die Leistungsfähigkeit (Fahrspaß) und den Kraftstoffverbrauch des Fahrzeuges (Kosteniveau) mitbestimmen und somit unmittelbar dem Kundennutzen dienen. Auf der anderen Seite soll eine Fahrzeugkarosserie aus Gründen einer hohen Insassensicherheit im Bereich der Fahrgastzelle möglichst steif sein, was sich tendenziell in Richtung schwererer Karosserie auswirkt. Diese beiden gegenläufigen Forderungen bezüglich des Gewichts stehen im übrigen in einer direkten Beziehung zu den Kosten der Karosserie. Die Kosten auf der einen Seite und das Gewicht auf der anderen Seite entwickeln sich tendenziell einander entgegenlaufend; je leichter eine Karosserie konzipiert ist, um so teurer nur läßt sie sich in der Regel herstellen, wogegen eine Karosseriekonstruktion, welche das Spektrum der verfügbaren Leichtbaumaßnahmen weniger ausschöpft, kostengünstiger herstellbar ist. Mit der erfindungsgemäßen Warmumformung von Strukturteilen aus Stahl werden jedoch in diesem Beziehungsgeflecht zwischen Funktion, Kosten und Gewicht einer Karosserie neue Randbedingungen gesetzt, die Leichtbau zu mäßigen Kosten bei gleichzeitiger Funktionssteigerung erlauben. Die Potentiale und Vorteile der erfindungsgemäßen Herstellungsweise liegen in folgendem:

- Es wird ein kostengünstiger Leichtbau ermöglicht
- Es können Werkstoffe mit hoher und höchster Festigkeit eingesetzt werden. Die erreichbare Werkstofffestigkeit kann gegenüber herkömmlichen Maximalwerten auf etwa das Dreifache gesteigert werden.
- Trotz Einsatz hochfester Werkstoffe können ohne weiteres hohe Umformgrade realisiert werden.
- Es können innerhalb weiter Grenzen beliebige Verstärkungsgrade des Basisbleches realisiert werden.
- Die konventionelle Blechschalenkonstruktion und das damit zusammenhängende Konstruktions- und Reparatur-Know-how können beibehalten werden. Letzterem kommt eine hohe infrastrukturelle Bedeutung zu.
- Soweit Verstärkungen noch erforderlich werden, können diese in die eine Schale und in deren Herstel-

lung integriert werden.

- Aufgrund der Warmumformung ist das Rückfederungsverhalten der Blechteile nach dem Umformprozeß vernachlässigbar gering, was die Fertigungsgenauigkeit erhöht. Es können ohne weiteres geringe Fertigungstoleranzen realisiert werden.
- Der Abstimmungsaufwand zwischen Umformwerkzeug und den Strukturteilen ist nicht höher, eher geringer als beim Umformen von einfachen Blechteilen.
- Die Kosten für Anlagen- und Werkzeuginvestitionen, für erforderliche Maschinenstunden sowie für Logistik und Lagerhaltung werden reduziert.

[0014] In dieser Auflistung von erfindungsgemäßen Vorteilen sind einige enthalten, die einen synergetischen Überschuß gegenüber einer Summe von aus unterschiedlichen Quellen des Standes der Technik zusammengekommenen Vorteilen darstellen, und zwar sind als synergetische Vorteile folgende besonders hervorzuheben:

- Trotz Einsatz hochfester Werkstoffe können ohne weiteres hohe Umformgrade realisiert werden.
- Es können innerhalb weiter Grenzen beliebige Verstärkungsgrade des Basisbleches realisiert werden.
- Aufgrund der Warmumformung ist das Rückfederungsverhalten der Blechteile nach dem Umformprozeß vernachlässigbar gering, was die Fertigungsgenauigkeit erhöht. Es können ohne weiteres geringe Fertigungstoleranzen realisiert werden.

[0015] Um die hergestellten Strukturteile im Kontaktbereich zwischen Basis- und Verstärkungsblech wirksamer gegen Korrosion schützen zu können, wird in zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung vor dem Anbringen des Verstärkungsbleches an dem Basisblech die Kontaktfläche wenigstens eines der Bleche flächendeckend mit einem Hartlot versehen, wobei vorteilhafterweise beide Kontaktflächen zuvor gereinigt werden. Während des Erwärmens des gepatchten Blechverbundes auf Umformtemperatur, was vorzugsweise in einer Schutzgasatmosphäre eines Ofens erfolgt, wird das aufgetragene Hartlot erschmolzen. Während des Umformprozesses wird aufgrund der Verformung und des Zusammenpressens der Blechteile eine innige und porrenfreie Lötverbindung erzeugt. Das die Kontaktzone flächendeckend ausfüllende Hartlot verhindert später zuverlässig einen Feuchtigkeitseintritt und bietet einen hochwirksamen Korrosionsschutz. Das Hartlot wird vorzugsweise mit einem Überschuß aufgetragen, der während des Umformens am Rand des Verstärkungsbleches ausgepreßt wird. Durch das Löten wird der Schritt des Verbindens von Verstärkungsblech und Basisblech ohne weiteres in den Umformprozeß integriert. Es muß lediglich, z. B. durch einen einzigen, nach dem Lotauftrag aber vor dem Erwärmen gesetzten Verbindungspunkt zwischen Verstärkungsblech und Basisblech, sichergestellt werden, daß Verstärkungsblech und Basisblech während des Handhabens ihre gegenseitige Soll-Lage eindeutig beibehalten und nicht etwa zueinander verrutschen können.

[0016] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand verschiedener in der Zeichnung beispielsweise dargestellter Verfahrensschemata und Details nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

[0017] Fig. 1a und 1b zusammengekommen ein Verfahrensschema gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel einer gemeinsamen Warmumformung von Basisblech und Verstärkungsblech, bei dem letzteres mit dem Basisblech hartverlötet wird,

[0018] Fig. 2 einen partiellen Schnitt durch das zwangsgeköhlte Umformwerkzeug nach Fig. 1 in einer vergrößerten Darstellung,

[0019] Fig. 3 einen Querschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines gepatchten Verbundbleches, bei dem das mit Verstärkungssicken versehene Verstärkungsblech vor dem Zusammenbringen mit dem Basisblech vorgeformt ist,

[0020] Fig. 4 ein nur partiell dargestelltes, weiteres Verfahrensschema zur Warmumformung von Basis- und Verstärkungsblech, bei dem diese nach dem gemeinsamen Warmumformen stufenweise in einer Folge von zwangsgeköhlten Fixierwerkzeugen gekühlt werden und

[0021] Fig. 5 ein Temperatur/Zeit-Diagramm, in dem der Temperaturverlauf während der Herstellung eines in der Versuchsanlage nach Fig. 4 hergestellten Umformteiles dargestellt ist.

[0022] Das in den Fig. 1a und 1b gemeinsam dargestellte Verfahrensschema dient zum Herstellen eines räumlich geformten Strukturteils 1, welches aus einem Basisblech 2 und aus einem kleineren, lokal angeordneten Verstärkungsblech 3 besteht. Dabei wird das Basisblech 2 des Strukturteils im Flachzustand mit dem Verstärkungsblech 3 an der für die spätere Verstärkungsstelle vorbestimmten Stelle verbunden und die Teile des so gepatchten Verbundbleches 6 werden anschließend mittels eines öffnen- und schließbaren Umformwerkzeuges 22 in einer Umformpresse 21 gemeinsam umgeformt.

[0023] Um das Herstellungsverfahren hinsichtlich Verfahrenserzeugnis und -ergebnis zu verbessern sowie bezüglich der verfahrensausübenden Mittel zu entlasten, wird das gepatchte Verbundblech 6 erfindungsgemäß vor dem gemeinsamen Umformen auf eine oberhalb der Umformtemperatur des Werkstoffs liegende Temperatur erwärmt, im Warmzustand bei mäßiger Werkzeugbeanspruchung in die gewünschte Form umgeformt und anschließend unter mechanischer Fixierung des gewünschten Umformzustandes in dem geschlossen gehaltenen Umformwerkzeug 22 und/oder in einem anschließenden Fixier- und Beschneidewerkzeug 23 definiert abgekühlt und dadurch gezielt wärmebehandelt.

[0024] Die in den Fig. 1a und 1b schematisch dargestellte Anlage sieht zur Ausübung des erfindungsgemäßen Verfahrens je eine Abwickelvorrichtung für ein Coil 12 für das Basisblech und für ein Coil 13 für das Verstärkungsblech vor. Die abgewickelten Bleche werden nach einem Geraderichten derselben in einer Hubschere 14 bzw. 15 in einzelne Basisblech-Platinen 2 und in einzelne Verstärkungsblech-Platinen 3 zerteilt, die taktweise weiterverarbeitet werden. Die beiden Coils 12 und 13 sind entsprechend der unterschiedlichen Breite der Zuschnitteile 2 bzw. 3 unterschiedlich breit. Die Dicke der einzelnen Bleche hängt von der Belastung des Strukturteils im unverstärkten Bereich des Basisbleches einerseits und dem gewünschten Verstärkungseffekt andererseits ab und ist für jeden Einzelfall zu optimieren. Meist wird das Verstärkungsblech dünner als das Basisblech sein. Es sind aber auch ohne weiteres Fälle mit hoher lokaler Verstärkung vorstellbar, bei denen das Verstärkungsblech dicker als das Basisblech ist. Hier mag sich u. U. eine mehrlagige Verstärkung aus zwei übereinander gelegten, unterschiedlich großen Verstärkungsblechen als sinnvoll erweisen, bei der die Verstärkung von ihrem Außenrand her entsprechend der Lagenzahl stufenweise ansteigt.

[0025] Im Zusammenhang mit der Steifigkeit des Verstärkungsbleches sei an dieser Stelle bereits darauf hingewiesen, daß diese nicht nur durch Werkstofffestigkeit Blechdicke und/oder Lagenzahl beeinflusst werden kann, sondern auch durch eine geeignete strukturelle Versteifung. Gemäß der Darstellung nach Fig. 3 kann das Verstärkungsblech 3'

nämlich seinerseits vor dem Zusammenbringen mit dem Basisblech 2 durch Anbringen von Verstärkungssicken 7 in der Weise vorgeformt und dadurch strukturell ausgesteift sein. Hierbei muß jedoch dafür gesorgt werden, daß sich das vorgeformte Verstärkungsblech 3' gleichwohl an der vorbestimmten Stelle formgetreu an das Basisblech 2 anlegen und mit ihm fixieren läßt.

[0026] Was den Werkstoff anlangt, so können beide Bleche vorzugsweise aus dem gleichen oder einem ähnlichen Werkstoff bestehen. Nachfolgend werden zwei unterschiedliche, an sich bekannten und für Tiefziehbleche im Handel erhältlichen Werkstoffe vorgeschlagen, die für das Basisblech 2 und/oder das Verstärkungsblech 3, 3' in Frage kommen können. Und zwar sei in diesem Zusammenhang zum einen ein wasserhärtender Vergütungsstahl der deutschen Firma Benteler AG genannt, der unter der Handelsbezeichnung BTR 165 vertrieben wird. Dieser Stahl weist die nachfolgend aufgeführten Legierungszusammensetzung auf, wobei die zusätzlich zu dem Basismetall Eisen hinzuzufügenden Gehalte der Legierungspartner in Gewichtsprozent zu verstehen sind:

Kohlenstoff	0,23–0,27%,
Silizium	0,15–0,50%,
Mangan	1,10–1,40%,
Chrom	0,10–0,35%,
Molybdän	0–0,35%,
Titan	0,03–0,05%,
Aluminium	0,02–0,06%,
Phosphor	max. 0,025%,
Schwefel	max. 0,01% und
andere insgesamt	0,0020–0,0035%.

[0027] Zum anderen wird auch ein gegen Korrosion anorganisch vorbeschichtetes Blech der französischen Firm Solac SA empfohlen, den diese unter der Handelsbezeichnung 22MnB5 vertreibt. Die anorganische Vorbeschichtung des Bleches – eine Aluminium/Silizium-Beschichtung, die bei der Wärmebehandlung unter Bildung eines dreiphasigen Schichtstoffes Al/Si/Fe in den Basiswerkstoff teilweise hindiffundiert – verhindert eine Verzunderung und eine Entkohlung des Bleches bei der Erwärmung und macht ein Beizen und ein Phosphatieren des Bleches unnötig. Die Beschichtung läßt ohne weiteres die üblichen Schweißungen zu. Das unbeschichtete Blech besteht aus einem Stahl mit der nachfolgend aufgeführten Legierungszusammensetzung, wobei die Gehalte ebenfalls in Gew.-% zusätzlich zu dem Basismetall Eisen zu verstehen sind:

Kohlenstoff	0,20–0,25%,
Silizium	0,15–0,35%,
Mangan	1,10–1,35%,
Chrom	0,10–0,35%,
Titan	0,02–0,05%,
Schwefel	max. 0,008% und
andere insgesamt	0,002–0,004%.

[0028] Das in den Fig. 1a und 1b dargestellte Verfahrensschema sieht eine Hartlötverbindung der beiden Zuschnitte vor. Deshalb werden bei dem in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiel die Basisblech-Platinen 2 lokal an einer vorbestimmten Fläche durch einen Auftragsroboter 16 mit einem Hartlotauftrag 4 versehen, der beispielsweise in Form einer sprühfähigen Paste aufgetragen wird. An dieser stelle sei gleich vermerkt, daß auch andere Formen des Hartlotauftrags, z. B. das Auflegen eines formentsprechend ausge-

stanzten Zuschnittes einer Lötfolie oder das Aufstreuen oder Auflegen von Spänen denkbar ist. Für den Fall einer Hartlötverbindung der Blechteile kann es u. U. ferner vorteilhaft sein, wenn die Kontaktflächen sowohl des Basis- als auch des Verstärkungsbleches vor dem Auftragen mit Hartlot 4 gereinigt und/oder für ein Hartlöten aktiviert werden, was in Fig. 1a jedoch nicht dargestellt ist. Ferner sei der Vollständigkeit halber erwähnt, daß das Hartlot zusätzlich oder alternativ auch auf der Kontaktfläche des Verstärkungsbleches 3 aufgetragen werden kann. Zweckmäßigerweise wird das Hartlot 4 mit einem gewissen Überschuß aufgetragen, so daß dieser nach dem Erschmelzen des Hartlotes beim gemeinsamen Warmumformen der Blechteile am Rand des Verstärkungsbleches 3 ausgepreßt werden kann; vgl. Fig. 3 und den dort am Rand ausgepreßten Lotüberschuß 35. Dieses Auspressen von Hartlotüberschuß beseitigt nicht nur Gaseinschlüsse und schafft somit eine porenfreie Lötfläche, sondern durch den am Rand sich sammelnden und dort als Meniskus anstehenden Überschuß 35 wird der Rand des Verstärkungsbleches wirkungsvoll versiegelt und der stufenförmige Übergang zum Basisblech bezüglich Wanddicke und Kerbwirkung etwas abgemildert.

[0029] Nach dem Hartlotauftrag werden die Blechteile 2 und 3 entsprechend der gewünschten gegenseitigen Soll-Lage der Bleche lagedefiniert aufeinandergelegt, was durch eine Hilfsvorrichtung rationell und zuverlässig durchgeführt werden kann. Anschließend werden beide Bleche mittels des Schweißroboters 17 durch vorzugsweise nur einen einzigen Heftpunkt 5 vorläufig aufeinander fixiert, um die Relativlage der Blechteile zu sichern.

[0030] Das solcherart gepatchte Verbundblech 6 wird automatisiert in einen Durchlaufofen 18 eingegeben, dessen Ofenatmosphäre durch gezielte und ausreichende Zugabe eines Schutzgases z. B. aus der Gasflasche 19 inertisiert ist, um ein Verzundern nicht beschichteter Schnittstellen der Bleche oder – bei Verwendung unbeschichteter Bleche – an der gesamten Blechoberfläche zu verhindern. Bei dem Schutzgas kann es sich beispielsweise um Kohlendioxid und/oder um Stickstoff handeln. In dem Ofen wird das Verbundblech oberhalb einer solchen Gefügeumwandlungstemperatur des Werkstoffes – meist eine bestimmte Temperatur innerhalb des Temperaturbereiches zwischen 850 und 930°C – erwärmt, oberhalb der das Werkstoffgefüge in austenitischem Zustand vorliegt. Dadurch ist eine Wärmebehandlung des Werkstoffes durch gezielte Abkühlung und somit eine Einstellung der dadurch erzielbaren Werkstoffestigkeit möglich.

[0031] Das Beschicken des Durchlaufofens kann beispielsweise durch für Ofen bekannte, automatisierte Beschickungseinrichtungen erfolgen, wobei für eine greifgerechte, definierte Lage der Verbundbleche im Ofen und eine durch einen Rost unterstützte, verzugsfreie, nahezu vollflächige Flachlage der Bleche zu sorgen ist. Wegen des raschen Übergebens der erwärmten Verbundbleche 6' vom Ofen in ein Umformwerkzeug ist hingegen für das Entnehmen des Verbundblechs aus dem Ofen 18 ein Handhabungsroboter 20 vorgesehen. Dieser ergreift das lagedefiniert bereit liegende, erwärmte Verbundblech 6' im Ofen an vorbestimmten Stellen und legt es unmittelbar anschließend und rasch ebenso lagedefiniert in das geöffnete Umformwerkzeug 22 ein. Diese bis zum Beginn des Schließens des Umformwerkzeuges 22 gemessene Zeitspanne dauert nur wenige Sekunden. Das Einlegen ist also vorzugsweise in weniger als zwei Sekunden abgeschlossen, siehe die Zeitspanne E (Einlegen) in Fig. 5 zu Beginn des Prozesses, so daß die dadurch bedingte Abkühlung des Werkstücks nur gering ist und durch Wahl einer entsprechend höheren Ofentemperatur vorgehalten werden kann.

[0032] Das Umformwerkzeug 21 besteht bei dem in Fig. 2 näher dargestellten Ausführungsbeispiel im unteren feststehenden Teil aus einer Matrize 30 mit einem ortsfesten Niederhalterrand, der sich in der Regel in einer Ebene, meist sogar in einer horizontalen Ebene erstreckt. Der obere, hubbewegliche Teil des Umformwerkzeuges besteht aus einer Patrize 31 mit einem gesondert hubbeweglich antreibbaren Niederhalter 32, dessen ebene Anlagefläche parallel zum Niederhalterrand der Matrize angeordnet ist. Beim Einlegen des erwärmten Verbundbleches 6' in das geöffnete Umformwerkzeug liegt das Verbundblech zunächst lediglich außen am Niederhalterrand der Matrize auf und überspannt frei die Gravur derselben. Beim Schließen des Werkzeuges legt sich als erstes der Niederhalter 32 an den Rand des Verbundbleches an und klemmt diesen mit vorgebarbarer Klemmkraft so ein, daß der Rand unter einer bestimmten Zugkraft aus der Einklemmung herausgleiten kann. Erst nach der so bewirkten Randeinklemmung durch den Niederhalter 32 setzt auch die Patrize auf das Verbundblech ein, so daß der Umformvorgang beginnt.

[0033] Beim Warmumformen sollte der Niederhalter 32 isoliert ausgeführt werden. Bevorzugt wird das Warmumformen jedoch ohne Niederhalter durchgeführt, da dadurch ein zu schnelles Abkühlen des Blechs vermieden wird.

[0034] Durch das anhaltende Niedergehen der Patrize 31 werden die Blechteile des eingelegten, erwärmten Verbundblechs 6' gemeinsam umgeformt. Trotz der hohen gemeinsamen Blechstärke sind wegen des Warmzustandes des Verbundblechs die von der Umformpresse 21 aufzubringenden Kräfte zum einen und die auf der Oberfläche des Umformwerkzeuges wirksamen Reibungskräfte zum anderen vergleichsweise gering. Es kann also mit einer herkömmlichen Pressenkonstruktion für übliche Tiefziehvorgänge und von üblichem Kostenniveau gearbeitet werden.

[0035] Das zwar lagesicher aber praktisch nur lose auf dem Basisblech 2 aufliegende Verstärkungsblech 3 läßt sich in der Regel auch ohne Zug faltenfrei in die gewünschte Form bringen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn – wie meist gegeben – die zu verstärkenden Zonen des Strukturteils einen räumlich nur wenig gekrümmten Verlauf haben. Die Zeitspanne S (siehe Fig. 5) für das Schließen des Umformwerkzeuges und für das Umformen selber, gerechnet vom Beginn des Schließens des Umformwerkzeuges 22 an bis zum vollständigen Umformen des Verbundbleches, erfolgt recht zügig und im unmittelbaren Anschluß an das Einlegen des Verbundbleches. Diese wesentliche Phase ist in wenigstens 3 bis 5 Sekunden abgeschlossen. Zwar ist aufgrund der teilweisen Berührung des Verbundbleches mit der Gravur des Umformwerkzeuges der Wärmeverlust im Verbundblech an den Berührungsstellen lokal in dieser Zeitspanne größer als während der Einlegephase, wo das Verbundblech – abgesehen von der heißen Greifzange des Handhabungsroboters – nur mit Umgebungsluft in Berührung gelangt. Jedoch berührt die Gravur der unteren Matrize 30 das Verbundblech zunächst noch gar nicht, sondern erst ganz am Schluß des Umformprozesses. Darüber hinaus berührt die obere Patrize 31 das Verbundblech zunächst nur partiell und in den Bereichen, in denen der Umformungsgrad in der Regel ohnehin vergleichsweise nur gering ist. In den nicht oder noch nicht von der Gravur berührten Bereichen ist das erwärmte Verbundblech von stagnierender Luft umschlossen und in sofern gegen Wärmeverluste sogar isoliert. Jedenfalls kühlt das Verbundblech während der Umformphase nur mäßig ab und läßt sich trotz der teilweisen Berührung mit der Gravur des Umformwerkzeuges ohne weiteres bei geringen Kräften und in hohem Maße warmumformen. Neben der Entlastung der Presse und des Umformwerkzeuges liegt ein weiterer wesentlicher Vorteil der

Warmumformung darin, daß wesentlich höhere Umformungsgrade des Verbundbleches (im Vergleich zur Kaltumformung) in einem einzigen Umformungszug durchgeführt werden können.

[0036] Nachdem durch das Schließen des Umformwerkzeuges die Teile des Verbundblechs im Warmzustand gemeinsam in die gewünschte Form gebracht worden sind, wird das geformte Verbundblech im unmittelbaren Anschluß darauf abgekühlt, wobei das Verbundblech während dieser Abkühlzeit in dem gewünschten Umformungszustand mechanisch fixiert wird. Durch das Abkühlen wird nicht nur das Hartlot erstarrt, wodurch die Lörverbindung bereits jetzt schon belastbar ist, sondern durch ein definiertes Abkühlen wird der verwendete Werkstoff vor allem gezielt wärmebehandelt und dementsprechend eine bestimmte Werkstoff-Festigkeit in ihm eingestellt. Darüber hinaus wird durch das mechanische Fixieren des umgeformten Bleches während der Abkühlung in dem gewünschten Sollzustand die Lötfläche in der Erstarrungsphase des Hartlotes geschlossen gehalten und ferner der Umformungszustand des Verbundbleches trotz der Wärmebehandlung nicht nur formgetreu und zuverlässig stabilisiert, sondern eine Rückfederungstendenz beseitigt. Im Ergebnis werden dadurch sehr genaue Werkstücke mit geringer maßlicher und/oder formlicher Streuung produziert.

[0037] Um ein gezieltes Abkühlen des umgeformten Verbundbleches in dem Umformwerkzeug zu ermöglichen, sind gemäß der Darstellung nach Fig. 2 die Gravuren der Matrize 30 und der Patrize 31 mit oberflächennah verlaufenden Kühlkanälen 33 bzw. 34 versehen, die in einen Kühlkreislauf 24 einbezogen sind, dessen Kühlmittel zwangsweise durch eine nicht dargestellte Pumpe zirkuliert werden kann. Das erwärmte Kühlmittel kann durch einen im Kühlkreislauf integrierten Wärmetauscher 25 wieder zurückgekühlt werden, wobei die hierbei eingesetzte Kälteenergie beispielsweise durch ein Kälteaggregat oder durch kaltes Brauchwasser aus einem geeigneten Vorfluter (Wasserleitung, Fluß) aufgebracht werden kann. Die Kühlkanäle 33 der Matrize einerseits und die Kühlkanäle 34 der Patrize andererseits sind beim dargestellten Ausführungsbeispiel kreuzweise zueinander angeordnet, um möglichst keinen Streifeneffekt beim Kühlen auf dem Werkstück zu hinterlassen.

[0038] Aus nachfolgend klar werdenden Gründen erfolgt bei dem im Verfahrensschema nach den Fig. 1a, 1b dargestellten Beispiel die Kühlung in zwei aufeinander folgenden Etappen. Die erste Abkühlphase erfolgt durch Kontaktierung mit der zwangsgeköhlten Gravur des Umformwerkzeuges 22 selber, wobei für die Zieltemperatur dieser ersten Abkühlphase zwei Überlegungen maßgebend sind. Zum einen muß bei der Hartlotverbindung der Bleche im Verbund das zunächst erschmolzene Hartlot unter mechanischer Fixierung des geformten Verbundbleches wenigsten bis zur vollständigen Erstarrung des Hartlotes 4 abgekühlt werden, wobei diese Erstarrung beliebig schnell oder beliebig langsam herbeigeführt werden kann. Zum anderen soll durch eine Wärmebehandlung eine bestimmte Werkstofffestigkeit erreicht werden, wofür bei den in Frage kommenden Stählen eine Zieltemperatur von 500°C sowie eine bestimmte Abkühlgeschwindigkeit maßgebend ist. Deswegen ist es wichtig, daß das gepatchte Verbundblech nach dem gemeinsamen Umformen unter Verbleib in dem geschlossen gehaltenen Umformwerkzeug 22 zumindest bis auf etwa 500°C abgekühlt wird. Ferner ist es wichtig, daß nicht nur der Schmelzpunkt, sondern vor allem der Erstarrungspunkt, d. h. die Solidustemperatur, des verwendeten Hartlotes deutlich über 500°C liegt.

[0039] Im Zusammenhang mit der einzuhaltenden Ab-

kühlgeschwindigkeit gilt folgendes: Ein martensitisches Werkstoffgefüge im umgeformten Verbundblech kann dann sinnvoll sein, wenn man höchste Festigkeit im Strukturteil benötigt und keine oder nur eine sehr geringe Duktilität gefordert wird. In so einem Fall muß das warm umgeformte Verbundblech im Temperaturbereich zwischen 800 und 500°C rasch, d. h. von 800 auf 500°C in weniger als vier Sekunden abgekühlt werden.

[0040] Mit Rücksicht auf ein gutes Versagensverhalten der Strukturteile im Crash-Fall strebt man jedoch meist eine vergleichsweise hohe Festigkeit verbunden mit hoher Duktilität des Werkstoffes an. In diesem Fall ist ein bainitisches Werkstoffgefüge im umgeformten Verbundblech anzustreben. Zu diesem Zweck muß das Werkstück im Temperaturbereich zwischen 800 und 500°C vergleichsweise langsam, nämlich von 800 auf 500°C in einer länger als vier Sekunden dauernden Zeitspanne abgekühlt werden.

[0041] An sich wäre es denkbar, das Werkstück unter Verbleib im Umformwerkzeug und unter Aufrechterhaltung des Fixierungszustandes weiterhin abzukühlen bis auf eine Temperatur, bei der die Werkstücke ohne weiteres, insbesondere ohne unkontrollierte Gefügeveränderungen handhabbar und/oder lagerbar sind. Die dazu insgesamt erforderliche Abkühlzeit beträgt bei guter Auslegung der werkzeugintegrierten Kühlung, je nach Blechdicke, Werkstückgröße und Endtemperatur etwa 20–40 Sekunden, wobei das Gros der Fälle im Bereich 25–30 Sekunden liegen wird. In einer Pilotphase der Fertigung oder bei kleinen Losgrößen ist eine solche einstufige Abkühlung zweifellos zweckmäßig. Meist werden derartige Strukturteile jedoch in großen Stückzahlen benötigt und es muß eine rationelle Massenfertigung aufgestellt werden. Unter dieser Voraussetzung ist es zweckmäßig, die Werkstücke mehrstufig, mindesten aber zweistufig abzukühlen.

[0042] Demgemäß sieht das Verfahrensschema nach Fig. 1b eine zweistufige Abkühlung vor, die den Vorteil hat, daß der notwendige Beschneidungsvorgang des Werkstücks noch bei einer erhöhten Temperatur von etwa 500°C vorgenommen werden kann, was insbesondere bei erhöhten Werkstofffestigkeiten eine erhebliche Entlastung der Schneidwerkzeuge bedeutet. Zum anderen hat eine zweistufige Abkühlung den Vorteil, daß das Umformwerkzeug schneller zur Aufnahme eines neuen Verbundbleches wieder frei wird, die Taktzeit also verkürzt und die Fertigung rationalisiert wird.

[0043] Bei der zweistufigen Abkühlung wird das gepatchte Verbundblech nach dem gemeinsamen Umformen unter Verbleib in dem geschlossen gehaltenen Umformwerkzeug 22 zunächst auf etwa 500°C bei einem bestimmten, zeitlichen gemittelten Temperaturgradienten abgekühlt und anschließend in ein innerhalb der Umformpresse benachbartes, öffnen- und schließbares Fixierwerkzeug 23 übergeben. Die beiden benachbarten Werkzeuge, nämlich das Umformwerkzeug 22 zum einen und das Fixierwerkzeug 23 zum anderen, sind innerhalb der Umformpresse 21 nach Art von Stufenwerkzeugen angeordnet und durch eine an sich bekannte Transfereinrichtung verbunden, die beim Öffnen der Presse die Werkstücke aus den benachbarten Werkzeugen synchron heraushebt und sie ins nächste Werkzeug bzw. in eine außerhalb der Presse angeordnete Ablage weiter reicht.

[0044] Das in dem Fixierwerkzeug aufgenommene Verbundblech wird darin im geschlossen Zustand ebenfalls mittels einer formgetreuen Gravur beidseitig flächig berührt und so der gewünschten Umformzustand des Verbundbleches weiterhin mechanisch fixiert. In das Fixierwerkzeug 23 ist ein nicht näher dargestelltes Beschneidungswerkzeug integriert, mit dem das umgeformte Verbundblech in dem vor-

liegenden Warmzustand beschnitten wird. Und zwar wird der nun nicht mehr benötigte Niederhalte- bzw. Ziehrand des Basisbleches abgeschnitten. Die dazu erforderliche Beschneideeinrichtung ist an sich bekannt und nicht mit dargestellt. Die Gravur des Fixierwerkzeuges ist ebenfalls durch oberflächennah integrierte Kühlkanäle zwangsgekühlt, so daß dem mechanisch formfixierten Werkstück weiterhin durch Kontaktierung Wärme entzogen werden kann. Zur Vermeidung eines Streifeneffektes bei der Abkühlung ist es zweckmäßig, die oberseitigen und die unterseitigen Kühlkanäle auch beim Fixierwerkzeug zueinander gekreuzt anzuordnen. Bei dem Fixier- und Beschneidewerkzeug braucht die bereits vorhandene Werkstückform nur noch mechanisch gesichert zu werden, es finden also keine Umform- und Reibungsvorgänge unter Krafteinwirkung an der Oberfläche der Fixierwerkzeuge statt. Deshalb kann das Fixierwerkzeug als Leichtkonstruktion ausgebildet sein und aus einem weniger festen Werkstoff, z. B. aus Aluminium bestehen. Insbesondere braucht die Oberfläche des Fixierwerkzeuges nicht geschlossen zu sein. Vielmehr kann durch Integration eines Rasters von zur Werkzeugoberfläche hin offenen Kanälen das Werkstück unmittelbar mit einem Kühlfluid, insbesondere mit Kühlluft beaufschlagt werden. Durch Beimischen von Wasserdampf und/oder flüssiger Luft zur Kühlluft können auch mit Luft als Wärmeträgermedium ganz erhebliche Abkühlraten erzielt werden. Die weiter oben bereits erwähnte Abkühlzeit von etwa 25–30 Sekunden wird auch bei der zweistufigen Abkühlung erreicht, wobei eine übergabebedingte Unterbrechung der Kühlung nicht mitgerechnet ist.

[0045] Nach der zweistufigen Abkühlung kann das warmumgeformte Strukturteil mit einem lokalen, hart eingelöteten Verstärkungsteil in beschnittenem Zustand entnommen und weiterverarbeitet werden. Die Werkstücke zeichnen sich durch eine hohe Festigkeit, geringes Gewicht, geringe Stückkosten sowie hohe Maß- und Formhaltigkeit aus. Durch die in den Prozeß des gemeinsamen Warmumformens integrierte Wärmebehandlung kann die Werkstofffestigkeit des Verbundbleches auf etwa 1300–1600 MPa gesteigert werden. Aufgrund der hohen Werkstofffestigkeit sind die so hergestellten, lokal verstärkten Strukturteile bestens für Leichtbaukonstruktionen, insbesondere als Schalteile für in die Fahrgastzelle einer Fahrzeugkarosserie integrierte Hohlträger geeignet. Ein weiteres Anwendungsfeld innerhalb des Fahrzeugbaus sind lokal verstärkte Schalenteile für in das Fahrwerk eines Fahrzeuges integrierte Hohlträger.

[0046] Es ist aus Gründen einer möglichst kurzen Taktzeit anzustreben, die umgeformten Werkstücke innerhalb der Umformpresse lediglich auf eine solche Temperatur abzukühlen, bei der die Werkstücke ohne weiteres, insbesondere ohne unkontrollierte Gefügeveränderungen handhabbar und/oder lagerbar sind. Eine solche Temperatur kann meist bei 100 bis 150°C angenommen werden. Zwar können so heiße Teile nicht ohne weiteres manuell gehandhabt werden. Deshalb ist eine weitere Abkühlung außerhalb der Umformpresse mittels Kühlluft entlang einer Kühlstrecke zu empfehlen, wobei die Werkstücke zur Vermeidung eines thermischen Verzuges mittels formangepaßter, durchlässiger Stützschaalen abgestützt sein sollten. Hierbei kann der Kühlluft kalter Wasserdampf und/oder – insbesondere bei Annäherung an die Raumtemperatur – flüssige Luft zugesetzt werden.

[0047] Im Zusammenhang mit dem Verfahrensschema nach den Fig. 1a und 1b seien der Vollständigkeit halber noch verschiedene Abwandlungen des Verfahrens erwähnt: Das Verfahren ist nicht auf eine Hartlotverbindung der umgeformten Blechteile 2 und 3 angewiesen, wenngleich diese



Verbindungsart sich besonders vorteilhaft mit der Warmumformung kombinieren läßt. Anstelle einer Hartlotverbindung kommt auch eine Verbindung durch eine Schweißverbindung in Betracht, wobei hier insbesondere alle gängigen Schweißverbindungen in Frage kommen. In diesem Zusammenhang seien besonders Punktschweißungen, MIG/MAG-Schweißungen oder Laserschweißungen erwähnt. In dem Verfahrensschema der Fig. 1a würde in diesem Fall der Hartlotauftrag entfallen und statt dessen der Schweißvorgang durch den Schweißbrenner 17 umfassender und u. U. nach anderen Schweißverfahren gestaltet werden. Es würden vor allem am Rand des Verstärkungsbleches Verbindungspunkte oder Schweißnahtstücke gesetzt werden. Zwar ist es grundsätzlich auch möglich, das Verstärkungsblech zunächst mittels nur eines Schweißpunktes oder weniger Schweißpunkte mit dem Basisblech zu verbinden und das vollständige tragfähige Verbinden erst nach dem Umformen vorzunehmen. Es ist jedoch aus verschiedenen Gründen eher zu empfehlen, das vollständige Zusammenschweißen von Verstärkungs- und Basisblech zumindest im Randbereich bereits vor der Warmumformung vorzunehmen. Zum einen lassen sich die Bleche im Flachzustand einfacher Handhaben und rationeller und prozeßsicherer schweißen. Zum anderen ist es besser, wenn die Schweißstellen die Wärmebehandlung mit durchlaufen im Vergleich zu der Variante, bei der die bereits wärmebehandelten Bleche nachträglich geschweißt werden. Schließlich ist es auch für den Umformprozeß besser, wenn die beteiligten Bleche sicher – insbesondere am Rand – miteinander verbunden sind. Es ist auch denkbar, die Bleche zueinander mit Silikon oder ähnlich dichtenden Materialien abzudichten.

[0048] Eine weitere Verfahrensvariante besteht darin, die Abkühlgeschwindigkeit des Verbundbleches nach der Warmumformung entsprechen einer lokal unterschiedlich gewünschten Werkstofffestigkeit unterschiedlich zu gestalten. Es sind Anwendungsfälle denkbar, bei denen aus Gründen eines geordneten Crashverhaltens eines Strukturteils lokal eine höhere Duktilität und niedrigere Festigkeit in ihm vorhanden sein sollen. Derartige Bereiche können ohne weiteres dadurch erreicht werden, daß das warmumgeformte Verbundblech an diesen Stellen gar nicht oder sehr langsam abgekühlt wird, wobei allerdings durch anhaltendes Kühlen der Übergangszone von Bereichen niedrigerer Festigkeit zu den Bereichen mit gewünschter hoher Werkstofffestigkeit dafür gesorgt werden muß, daß sich kein Anlaßeffekt von der Schwachstelle (warm) zu den hochfesten Zonen (kalt) ergibt.

[0049] Es sei nun noch in Verbindung mit den Fig. 4 und 5 auf die vierstufige Verfahrensvariante zum Herstellen eines warmumgeformten, lokal verstärkten Strukturteils eingegangen. Das in Fig. 4 ausschnittsweise dargestellte Verfahrensschema entspricht weitgehend der Darstellung nach Fig. 1b, so daß weitestgehend auf die Ausführungen im Zusammenhang mit dem weiter oben geschilderten Verfahren verwiesen werden kann. Lediglich die Umformpresse 21' unterscheidet sich durch die Anzahl der Stufen, nämlich vier, von der Umformpresse 21 nach Fig. 1b mit nur zwei Stufen. Auch die beiden ersten Stufen der Umformpresse 21' stimmen weitgehend mit den beiden – einzigen – Stufen der Umformpresse 21 überein, d. h. es ist in der Umformpresse 21' zunächst ebenfalls ein zwangsgeköhltes Umformwerkzeug 22 vorgesehen, dem sich ein ebenfalls gekühltes Fixier- und Beschneidewerkzeug 23 anschließt. Die Besonderheit der Umformpresse 21' gegenüber der nach Fig. 1b besteht darin, daß innerhalb der länger ausgebildeten Umformpresse 21' zwei weitere, sich äquidistant anschließende Fixierwerkzeugen 26, die ebenfalls gekühlt sind, angeordnet sind. Sie unterscheiden sich von dem Fixier- und Beschneidewerkzeug

23 lediglich dadurch, daß sie keine Beschneidevorrichtung enthalten.

[0050] Aufgrund der vier in der Umformpresse 21' integrierten Werkzeuge 22, 23, 26 und 26 können die warmumgeformten Verbundbleche in vier aufeinander folgenden Stufen abgekühlt werden, was die Zykluszeit gegenüber der zweistufigen Abkühlung nach dem Verfahrensschema nach Fig. 1b auf die halbe Zeit verkürzt. Die Gravuren der vier Werkzeuge berühren die Werkstücke beidseitig nahezu vollständig und fixieren sie jeweils zuverlässig in ihrer Sollform. Aufgrund einer mittelbaren oder unmittelbaren Zwangskühlung der Werkstücke kann ihnen sehr rasch Wärme entzogen werden. Die Gravur des Umformwerkzeuges 22 ist, wie in Fig. 2 angedeutet, durch integrierte Kühlkanäle zwangsgeköhlt, wogegen die Fixierwerkzeuge 23 und 26 ein Raster von Kühlkanälen tragen, wobei diese zur formbestimmenden Oberfläche der Gravur hin offen sind, so daß das Kühlmedium – Luft, Luft/Wasserdampf-Gemisch, Luft/Flüssigluft-Gemisch – die Werkstücke unmittelbar beaufschlagen kann. Im übrigen sind die Werkzeuge alle durch eine Transfereinrichtung miteinander verbunden, so daß die Werkstücke taktweise von Werkzeug zu Werkzeug weitergereicht werden können.

[0051] Die Vorgehensweise bei dem Verfahren mit der vierphasigen Abkühlung sei nachfolgend im Zusammenhang mit Fig. 5 erläutert, die ein unquantifiziertes Temperatur/Zeitdiagramm bezüglich der mittleren Werkstücktemperatur, d. h. den zeitlichen Temperaturverlauf während der Umformung und der anschließenden mehrstufigen Abkühlung darstellt.

[0052] Der Zeitpunkt Null stellt den Moment dar, an dem das gepatchte Verbundblech bei etwa 930°C aus dem Ofen 18 entnommen wird. Während der kurzen Entnahmephase E kühlt das Blech bereits etwas ab und gelangt bei mindestens etwa 850°C in das geöffnete Umformwerkzeug 22 hinein.

[0053] Mit Ablauf des Einlegevorganges E beginnt der Arbeitszyklus der Presse, von denen in Fig. 5 vier aufeinander folgende Zyklen Z und der zugehörige Temperaturverlauf eines durch die Umformpresse 21' hindurchgetakteten Werkstückes dargestellt sind. Jeder Zyklus setzt sich aus einer Schließphase S, einer Fixierphase F und einer Öffnungsphase O zusammen. In der Schließphase S ist das Werkstück zumindest im Umformwerkzeug 22 noch nicht vollständig von der gekühlten Gravur berührt, so daß die Kühlwirkung der Gravur während der Schließ- und Umformphase noch nicht voll zum tragen kommt. Auch bei den späteren Zyklen Z, bei denen sich das Werkstück in den Fixierwerkzeugen 23 bzw. 26 befindet, setzt die volle Kühlwirkung erst nach Abschluß des Schließvorganges S ein.

[0054] Sobald der Schließvorgang der Werkzeuge beendet ist – beim Umformwerkzeug ist zu diesem Zeitpunkt auch die Warmumformung des gepatchten Verbundbleches beendet –, beginnt die Fixierphase F, während der aufgrund des innigen Kontaktes der Werkzeuggravur mit dem Werkstück die eigentliche Abkühlung desselben innerhalb des jeweiligen Zyklus' stattfindet. In der ersten, an die Warmumformung anschließenden Fixier- und Abkühlphase muß das Werkstück bis deutlich unterhalb der Erstarrungstemperatur  $E_L$  des Hartlotes abgekühlt werden, damit die Hartlotung nach dem Öffnen des Werkzeuges sicher hält und nicht etwa partiell aufspringt. Außerdem muß das Werkstück gegen Ende der ersten Fixier- und Abkühlphase unter Einhaltung eines bestimmten zeitlichen Temperaturgradienten auf etwa 500°C abgekühlt sein, damit die gewünschte Werkstofffestigkeit im Werkstück gegeben ist. Die Fixier- und Abkühlphase F ist maßgebend für die Zykluszeit Z, weil sie darin den größten Anteil hat.

[0055] Sobald die Fixier- und Abkühlphase eines Zyklus'



abgeschlossen ist, kann die Umformpresse und können mit ihr die Werkzeuge geöffnet werden – Öffnungsphase O. Bereits bei teilweise geöffneten Werkzeugen ergreift die Transfereinrichtung die in den Werkzeugen freigelegten Werkstücke, hebt sie aus den Matrizen heraus, transferiert sie in die Matrize des nächstfolgenden Werkzeuges und legt sie dort geordnet ab, wobei bereits der nächste Schließvorgang beginnt. Während der Öffnungsphase O liegt das Werkstück nur lose in der Gravur des jeweils unteren Werkzeugteiles und wird weder oberseitig, noch auch von unten vollflächig und innig von der jeweiligen Gravur berührt, so daß auch während der Öffnungsphasen die Kühlwirkung der Gravur nur mäßig zur Wirkung kommt.

[0056] Mit Rücksicht auf eine Verminderung des Temperaturgefälles zwischen Werkstück und Kühlmedium sind die Abkühlraten in den weiter hinten liegenden Zyklen geringer als in den weiter vorne liegenden Kühlvorgängen, die bei einer größeren Temperaturdifferenz stattfinden.

## Bezugszeichenliste

- 1 Strukturteil
- 2 Basaisblech
- 3, 3' Verstärkungsblech
- 4 Hartlotauftrag
- 5 Verbindungspunkt
- 6 gepatchtes Verbundblech, kalt
- 6' dito warm
- 7 Verstärkungssicken
- 8 –
- 9 –
- 10 –
- 11 –
- 12 Coil, Basaisblech
- 13 Coil, Verstärkungsblech
- 14 Hubschere, Basaisblech
- 15 Hubschere, Verstärkungsblech
- 16 Auftragsroboter, Hartlot
- 17 Schweißroboter
- 18 Erwärmungsöfen
- 19 Schutzgas
- 20 Handhabungsroboter
- 21, 21' Umformpresse
- 22 Umformwerkzeug
- 23 Beschneidungswerkzeug
- 24 Kühlmediumkreislauf
- 25 Wärmetauscher
- 26 Fixierwerkzeug
- 27 –
- 28 –
- 29 –
- 30 Matrize
- 31 Patrize
- 32 Niederhalter
- 33 Kühlkanäle, Matrize
- 34 Kühlkanäle, Patrize
- 35 ausgequetschter Lotüberschuß
- 36 –
- 37 –
- 38 –
- 39 –
- E Einlegen
- S Schließen
- O Öffnen
- F Fixieren
- Z Zykluszeit

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines räumlich geformten, aus einem Basisblech und aus wenigstens einem kleineren, lokal angeordneten Verstärkungsblech bestehenden Strukturteil, bei dem das Basisblech des Strukturteils im Flachzustand oder in einem unvollständig umgeformten Vorformungszustand mit dem Verstärkungsblech an der für die spätere Verstärkungsstelle vorbestimmten Stelle verbunden und die Teile des gepatchten Verbundblechs anschließend mittels eines öffnen- und schließbaren Umformwerkzeuges in einer Umformpresse gemeinsam umgeformt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß das gepatchte Verbundblech (6, 6') vor dem gemeinsamen Umformen auf eine oberhalb der Umformtemperatur des Werkstoffs liegende Temperatur erwärmt, im Warmzustand in die gewünschte Form umgeformt und anschließend unter mechanischer Fixierung des gewünschten Umformzustandes in dem geschlossen gehaltenen Umformwerkzeug (22) oder einem anschließenden Fixierwerkzeug (23, 26) abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teile des gepatchten Verbundblechs (6') oberhalb einer solchen Gefügeumwandlungstemperatur des Werkstoffes erwärmt werden, oberhalb der das Werkstoffgefüge in austenitischen Zustand vorliegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gepatchte Verbundblech (6') vor dem gemeinsamen Umformen auf eine bestimmte Temperatur innerhalb des Temperaturbereiches zwischen 850 und 930°C erwärmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das wenigstens eine Verstärkungsblech (3') oder wenigstens eines der Verstärkungsbleche seinerseits vor dem Zusammenbringen mit dem Basisblech (2) durch Anbringen von Verstärkungssicken (7) in der Weise vorgeformt wird, daß es sich gleichwohl an der vorbestimmten Stelle formgetreu an das Basisblech (2) anlegen und mit ihm fixieren läßt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Entnehmen des erwärmten Verbundblechs (6') aus einer Erwärmungseinrichtung, insbesondere aus einem Ofen (18) und das lagedefinierte Einlegen des Verbundblechs (6') in das geöffnete Umformwerkzeug (22) bis zum Beginn des Schließens des Umformwerkzeuges (22) in weniger als drei Sekunden, vorzugsweise in weniger als zwei Sekunden erfolgt (Zeitspanne E).
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gemeinsame Umformen des lagedefinierten in das geöffnete Umformwerkzeug (22) eingelegten, erwärmten Verbundblechs (6') vom Beginn des Schließens des Umformwerkzeuges (22) an gerechnet bis zum vollständigen Umformen in wenigstens 3 bis 5 Sekunden erfolgt (Zeitspanne S).
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abkühlen des gemeinsam umgeformten Verbundblechs zumindest in einer ersten Abkühlphase auf dem Umformwerkzeug durch Kontaktierung mit dem von innen her zwangsgeköhlten (33, 34) Umformwerkzeug (22) erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das gepatchte Verbundblech nach dem gemeinsamen Umformen unter Verbleib in dem geschlossen gehaltenen Umformwerkzeug (22) zumindest bis auf etwa 500°C abgekühlt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, daß das gepatchte Verbundblech nach dem gemeinsamen Umformen unter Verbleib in dem geschlossenen gehaltenen Umformwerkzeug (22) zunächst auf etwa 500°C abgekühlt und anschließend in ein benachbartes, öffnen- und schließbares Fixierwerkzeug (23, 26) übergeben wird, welches das darin aufgenommene, umgeformte Verbundblech mittels einer formgetreuen Gravur im geschlossenen Zustand beidseitig flächig berührt und den gewünschten Umformzustand des Verbundbleches weiterhin mechanisch fixiert, wobei das umgeformte Verbundblech in dem dann vorliegenden Warmzustand durch ein in dem Fixierwerkzeug integrierten Beschneidungswerkzeug beschnitten und durch die zwangsgekühlte Gravur des Fixierwerkzeuges weiterhin abgekühlt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Zwangskühlen des gepatchten Verbundbleches nach dem gemeinsamen Umformen zunächst in dem Umformwerkzeug (22) und anschließend – abgesehen von kurzen Übergabe-bedingten Unterbrechungen – unter steter mechanischer Fixierung des gewünschten Umformzustandes des Verbundbleches durch eine Folge von benachbarten, öffnen- und schließbaren Fixierwerkzeugen (23, 26) durchgeführt wird, welche das darin jeweils aufgenommene Verbundblech mittels einer formgetreuen Gravur im geschlossenen Zustand beidseitig flächig berühren, wobei das von Fixierwerkzeug (23, 26) zu Fixierwerkzeug (26) weitergereichte Verbundblech durch die von innen zwangsgekühlten Gravuren der Fixierwerkzeuge (23, 26) in mehreren aufeinander folgenden Etappen (Z) bis mindestens auf 150°C abgekühlt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das gepatchte Verbundblech nach dem gemeinsamen Umformen entweder durch das Umformwerkzeug (22) alleine oder gemeinsam mit einer anschließenden Folge von Fixierwerkzeugen (23, 26) 20–40 Sekunden lang, vorzugsweise etwa 25–30 Sekunden lang, gekühlt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung eines martensitischen Werkstoffgefüges im umgeformten Verbundblech dieses zumindest im Temperaturbereich zwischen 800 und 500°C rasch, d. h. von 800 auf 500°C in weniger als vier Sekunden abgekühlt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung eines bainitischen Werkstoffgefüges im umgeformten Verbundblech dieses zumindest im Temperaturbereich zwischen 800 und 500°C vergleichsweise langsam, nämlich von 800 auf 500°C in einer länger als vier Sekunden dauernden Zeitspanne abgekühlt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Anbringen des Verstärkungsbleches (3, 3') an dem Basisblech (2) wenigstens eines der Bleche (2) an der Kontaktfläche flächendeckend mit einem Hartlot (4) versehen, dieses während des Erwärmens auf Umformtemperatur erschmolzen und das gemeinsam umgeformte Verbundblech unter mechanischer Fixierung des Umformzustandes in dem geschlossenen gehaltenen Umformwerkzeug (22) wenigstens bis zur vollständigen Erstarrung des Hartlotes (4) abgekühlt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche des wenigstens einen mit Hartlot (4) versehenen Bleches (2) mit einem Überschuß an Hartlot (4) versehen und dieser Überschuß (35) während des gemeinsamen Umformens am Rand

des Verstärkungsbleches (3) ausgepreßt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktflächen sowohl des Basis- (2) als auch des Verstärkungsbleches (3, 3') vor dem Auftragen mit Hartlot (4) gereinigt und/oder für ein Hartlöten aktiviert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot (4) in Pastenform aufgetragen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot in Form von Spänen aufgebracht wird.

19. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Hartlot in Form eines formentsprechend ausgestanzten Zuschnittes einer Lötfolie aufgebracht wird.

20. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hartlot (4) verwendet wird, dessen Erstarrungstemperatur mindestens 500°C, vorzugsweise mindestens 550°C beträgt.

21. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Auftragen des Hartlotes (4) und nach dem lagedefinierten Auflegen des Verstärkungsbleches (3, 3') auf das Basisblech (2) beide durch einen einzigen Heftpunkt (5) vorläufig aufeinander fixiert werden.

22. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Erwärmen des gepatchten Blechverbundes (6) im Ofen (18) in einer Schutzgasatmosphäre (Schutzgas 19) erfolgt.

23. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Basisblech (2) und/oder das Verstärkungsblech (3, 3') aus einem wasserhärtenden Vergütungsstahl mit der nachfolgend aufgeführten Legierungszusammensetzung besteht, wobei die Gehalte in Gew.-% zu verstehen sind und zusätzlich zu dem Basismetall Eisen hinzuzufügen sind:

Kohlenstoff	0,23–0,27%,
Silizium	0,15–0,50%,
Mangan	1,10–1,40%,
Chrom	0,10–0,35%,
Molybdän	0–0,35%,
Titan	0,03–0,05%,
Aluminium	0,02–0,06%,
Phosphor	max. 0,025%,
Schwefel	max. 0,01% und
andere insgesamt	0,0020–0,0035%.

24. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Basisblech (2) und/oder das Verstärkungsblech (3, 3') gegen Korrosion anorganisch vorbeschichtet ist und aus einem Stahl mit der nachfolgend aufgeführten Legierungszusammensetzung besteht, wobei die Gehalte in Gew.-% zu verstehen sind und zusätzlich zu dem Basismetall Eisen hinzuzufügen sind:

Kohlenstoff	0,20–0,25%,
Silizium	0,15–0,35%,
Mangan	1,10–1,35%,
Chrom	0,10–0,35%,
Titan	0,02–0,05%,
Schwefel	max. 0,008% und
andere insgesamt	0,002–0,004%.

25. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Werkstofffestigkeit des Verbundbleches durch die in den Prozeß des gemeinsamen Warmumformens integrierte Wärmebehandlung auf etwa 1300–1600 MPa gesteigert wird.

26. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß danach lokal verstärkte Schalenteile für in die Fahrgastzelle einer Fahrzeugkarosserie integrierte Hohlträger hergestellt werden. 5

27. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß danach lokal verstärkte Schalenteile für in das Fahrwerk eines Fahrzeuges integrierte Hohlträger hergestellt werden. 10

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

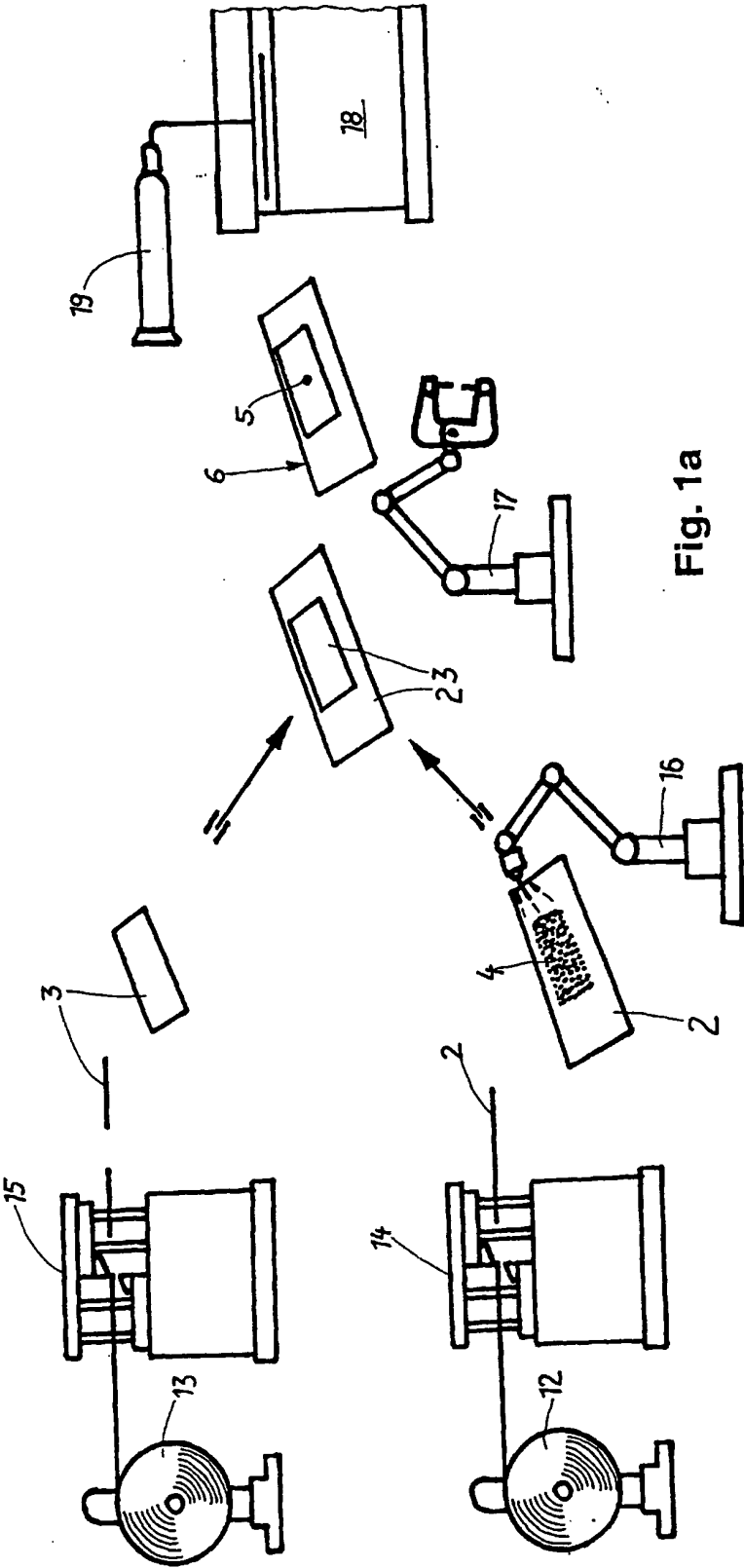


Fig. 1a

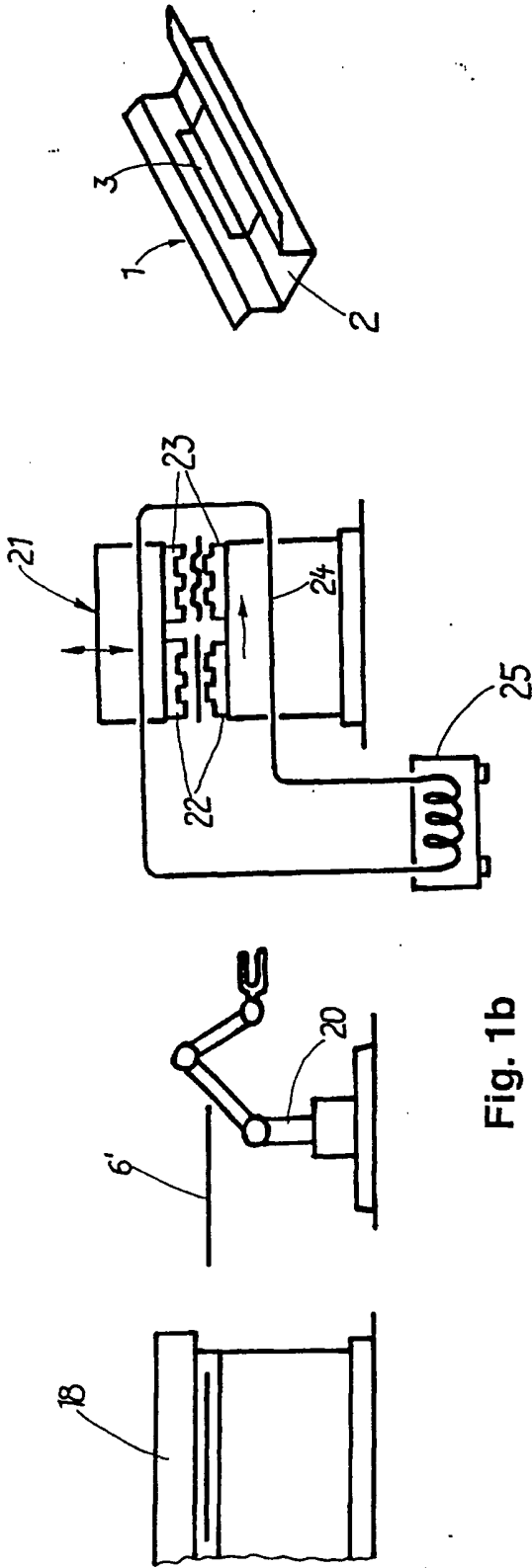
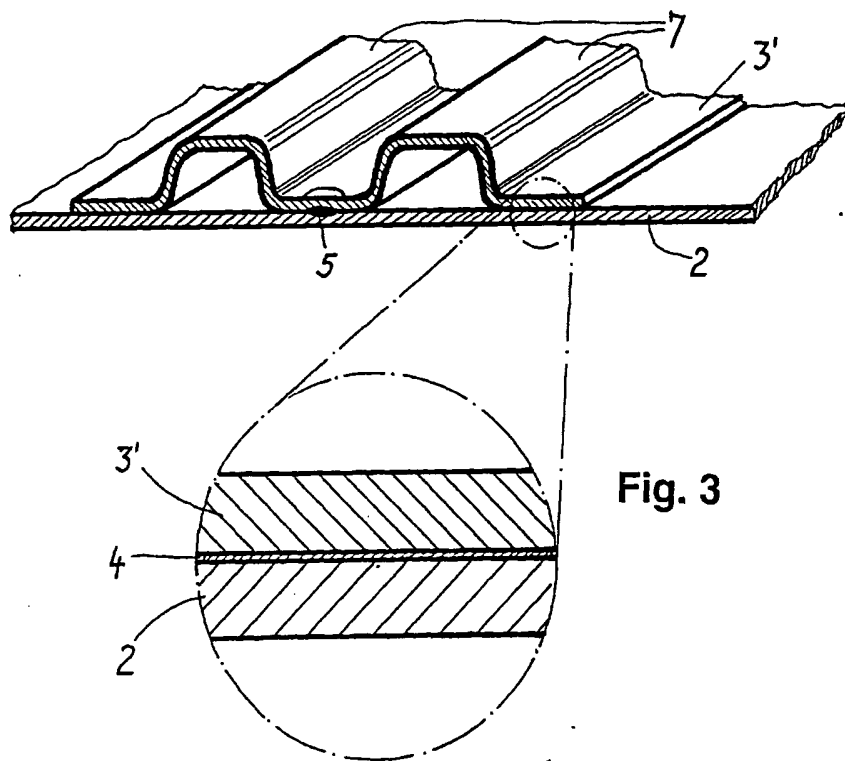
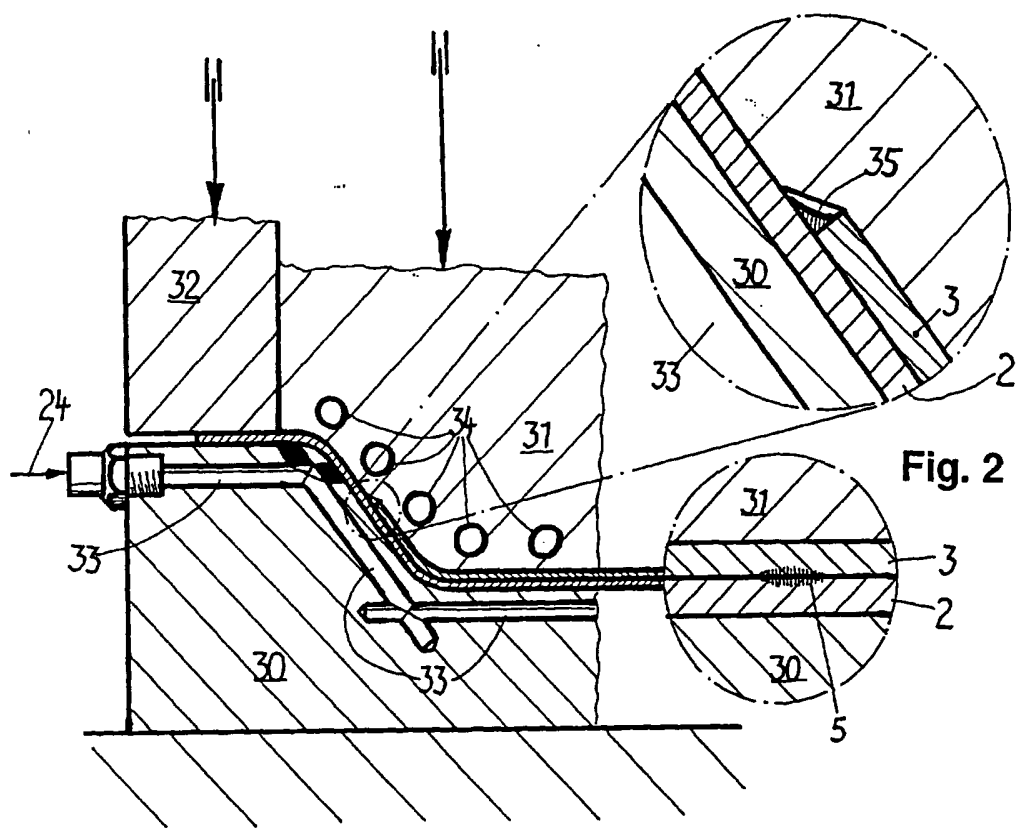


Fig. 1b



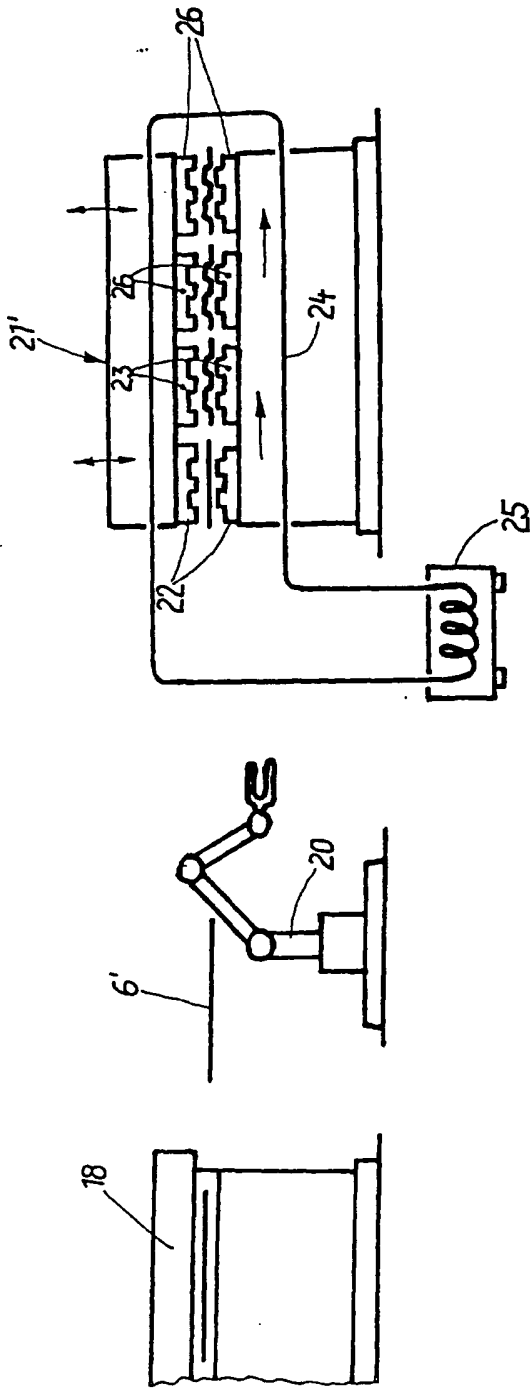


Fig. 4



Fig. 5

